Técnicas de medida de densidad de masa ósea

Bone mineral density measurement techniques

R. Ibáñez

RESUMEN

Los densitómetros por absorciometría fotónica simple y dual dejaron paso a las técnicas no isotópicas, absorciometría de rayos X simple y dual, que son las que más se usan en la actualidad. La técnica más extendida es la absorciometría de doble energía de rayos X, DXA, especialmente los densitómetros que analizan cadera y columna lumbar. Es una técnica precisa, fiable, y se ha demostrado que es capaz de predecir fracturas. Sin embargo, los densitómetros periféricos, tanto los que se basan en tecnología dxa como los de ultrasonidos, también han demostrado su utilidad. La topografía cuantificada computerizada es el único densitómetro tridimensional, capaz de diferenciar entre hueso cortical y trabecular. Tiene el inconveniente de la alta radiación y el alto coste económico. Repasamos las características, así como las ventajas e inconvenientes, de cada una de estas técnicas de medida de masa ósea.

En el presente artículo se repasan las distintas técnicas densitométricas desarrolladas en los últimos años y los distintos criterios sobre las indicaciones de densitometría. No existen criterios unánimes al respecto, sin embargo distintos organismos y sociedades científicas han elaborado recomendaciones, basadas en los factores de riesgo de osteoporosis o de fractura, que pueden ser una guía útil para la práctica clínica.

Palabras clave. Densitometría ósea. Técnicas de medida.

ABSTRACT

Different techniques for measuring bone mass density developed in the last years are revised. Single and dual fotonic absorciometry are now outdated by the use of single and dual x-ray absorciometry which don't need an isotope source. The most widely used technique now is the dual energy x-ray asbsorciometry , specially the ones who analyse lumbar spine and hip. It is an accurate and precise tool and has proved to be a good predictor of fractures. Nevertheless, peripheral densitometers based on dual energy x-ray or on broadband ultrasonic attenuation, have also proved to be of utility. Quantitative computed tomography is the only three-dimensional densitometer available, capable to selectively measure cortical or trabecular bone. It has the inconvenient of the high radiation and cost. We argue about advantages and disadvantages of the different techniques of bone mass measurements.

Lastly, we revise the indications of densitometry. There are not unanimous criteria about this question, but different organisms and scientific societies have elaborated recommendations based on risk factors of osteoporosis and fracture, that could be of utility in clinical practice.

Key words. Bone densitometry. Measurement.

An. Sist. Sanit. Navar. 2003; 26 (Supl. 3): 19-27.

Sección de Reumatología. Hospital de Navarra.
Pamplona

Correspondencia:
Rosario Ibáñez Bosch
Sección de Reumatología
Hospital de Navarra
C/ Irunlarrea 3
31008 Pamplona
Tfno. 848 422649

INTRODUCCIÓN

La osteoporosis se define como la pérdida de masa ósea y de la integridad de la microarquitectura del esqueleto, que produce fragilidad e incremento del riesgo de fractura¹. La densidad mineral ósea (DMO) se ha demostrado que es con mucho el factor predictivo más fuerte de riesgo de fractura²⁻⁶. Es por ello que la OMS definió la osteoporosis como la disminución de la masa ósea 2,5 desviaciones estándar por debajo del pico de masa ósea de la población, para un determinado sexo y raza⁷. Se eligió arbitrariamente este nivel por considerar que por debajo de él, el riesgo de fractura supera el nivel aceptable. Por ello, a este nivel se le llama "nivel de fractura". Se ha calculado que cada disminución de una desviación estándar representa un 12% de pérdida ósea⁸.

El diagnóstico así establecido, tiene consideraciones prácticas en cuanto a la toma de decisiones clínicas de prevención y tratamiento. Y puesto que el diagnóstico se hace en base a la determinación densitométrica, resulta imprescindible disponer de instrumentos fiables y precisos que puedan medir la masa ósea y compararla con las poblaciones de referencia. En las últimas décadas se han desarrollado diversas técnicas densitométricas (Tabla 1) capaces de cuantificar la masa ósea en distintas localizaciones.

TÉCNICAS DENSITOMÉTRICAS

Los distintos métodos densitométricos se basan en el principio de la atenuación que sufren los rayos X o los fotones de rayos gamma al atravesar los tejidos. Dicha atenuación se relaciona con el grosor y la composición de los tejidos que

atraviesa, fundamentalmente del grosor del mineral óseo. Los valores de atenuación pueden ser expresados en equivalentes a grosor mineral, para a continuación compararlos con unas curvas basadas en la población normal. El resultado se expresa en desviaciones estándar respecto a estas curvas de normalidad. No obstante, el valor obtenido es una medición combinada de tejido óseo, médula ósea y otros tejidos circundantes. La verdadera medida de la masa ósea requeriría un densitómetro tridimensional que excluyera la médula ósea y los tejidos blandos que rodean el hueso. El único densitómetro volumétrico que existe en la actualidad, la tomografía computarizada cuantitativa, incluye la médula ósea en su medición.

A excepción del densitómetro por ultrasonidos, el resto de las técnicas son radiológicas. A continuación repasaremos los distintos densitómetros que han ido apareciendo en los últimos años.

Absorciometría fotónica simple (SPA)

Fue la primera técnica densitométrica que se desarrolló. Apareció en los años 60. Con esta técnica, un fotón procedente de una fuente radioactiva atraviesa el hueso periférico. El densitómetro mide la atenuación del haz de rayos X al paso por el tejido. Dado que sólo se utiliza un fotón, no se puede separar la atenuación producida por el tejido óseo de la producida por los tejidos blandos. Por ello, dicha técnica sólo se puede usar en lugares como el calcáneo o el radio, donde casi todo el tejido atravesado es óseo. Quedó en desuso al desarrollarse los densitómetros de energía de rayos X (SXA) que no requerían radioi-

Tabla 1. Técnicas densitométricas y lugares de exploración.

TECNICAS DENSITOMÉTRICAS	LOCALIZACIÓN
Absorciometría fotónica simple (SPA)	Calcáneo, radio
Absorciometría fotónica dual (DPA)	Columna, cadera, antebrazo
Absorciometría radiológica simple (SXA)	Antebrazo, mano
Absorciometría de doble energía de rayos X (DXA)	Columna, cadera, antebrazo, mano
Tomografía cuantitativa computarizada (QCT)	Columna, cadera, antebrazo
Densitometría por ultrasonidos (BUA)	Calcáneo, rótula

sótopos. Los SXA los explicaremos en el apartado dedicado a los densitómetros periféricos.

Absorciometría fotónica dual (DPA)

Esta técnica es semejante a la absorciometría fotónica simple, pero utiliza dos fotones distintos procedentes de un radioisótopo. En este caso, al haber atenuación de dos haces fotónicos, el densitómetro es capaz de diferenciar la atenuación del hueso de la de los tejidos blandos. Su puede por tanto utilizar tanto en hueso periférico (antebrazo) como axial (cadera y columna). Al igual que ocurrió con la SPA, fue reemplazado por la absorciometría dual de rayos X (DXA) que no precisaba una fuente isotópica.

Absorciometría dual de rayos X (DXA)

Con esta técnica, dos haces son emitidos de una fuente de rayos X en lugar de una fuente radioactiva, consiguiendo una mayor precisión que con la DPA. Al utilizar dos haces de distinta energía puede corregir la atenuación producida por los tejidos blandos, al igual que la DPA. Es el método más extendido en la actualidad, por su baja radiación, su precisión y capacidad de medir tanto el esqueleto axial como el apendicular⁹.

Los densitómetros DXA, habitualmente llamados DEXA, exploran la cadera, la columna lumbar, el antebrazo y en muchos casos el esqueleto total. Algunos DXA son capaces de dar imágenes laterales, que tiene la ventaja de poder medir exclusivamente el cuerpo vertebral, excluyendo los arcos posteriores y los osteofitos anteriores^{10,11}. De esta manera, la artrosis vertebral no interfiere en la medida. No obstante, la proyección lateral tiene la desventaja de una menor reproducibilidad comparada con la anteroposterior^{10,12}.

Los más usuales analizan cadera y columna lumbar, dando valores por separado de la DMO en L2, L3 y L4, así como en distintas localizaciones de la cadera: cuello femoral, trocánter y región intertrocanterea. También proporciona los valores del fémur total y del triángulo de Ward. Esta

última representa una zona variable, no anatómica, definida por el software de la máquina, correspondiente al área de menor DMO de la cadera.

El aparato representa los valores de masa ósea en g/cm² (BMD), contenido mineral óseo en g (BMC), área (cm²), altura (cm) y grosor (cm) del área explorada. A continuación suministra los valores de referencia, BMD, en función de la edad, en una gráfica con tres líneas: 1) la de referencia, 2) +1 desviación estándar (DE) y 3) -1 DE. En otra tabla proporciona los valores T-score y Z-score en cada una de las localizaciones exploradas, así como los porcentajes respecto a los valores del adulto joven y respecto al grupo de edad y sexo.

Estos densitómetros tienen una alta precisión (0,5-2%)¹³, repetibilidad y han demostrado tener valor predictivo de fractura. Son ampliamente usados. Tienen la desventaja del alto coste y gran tamaño. Requieren espacio y necesitan personal especializado para su manejo.

Densitómetros periféricos

En los últimos años se han desarrollado densitómetros periféricos, unos por absorciometría de rayos X simple (RA) y otros por doble energía de rayos X (pDXA)¹⁴. Todos ellos tienen la ventaja de su menor tamaño, escasa radiación y no precisar personal especializado para su uso. Hay periféricos de antebrazo, de calcáneo, de metacarpianos y de las falanges^{15,16}.

La radioabsorciometría simple (RA) utiliza una sencilla radiografía de manos con una placa de alta precisión¹⁷. Algunos equipos analizan localmente la BMD, como el Bonalyzer, que digitaliza la imagen óptica de la radiografía y calcula la densidad de la región central del 2º metacarpiano comparándolo con una placa de aluminio, que se utiliza como patrón. El resultado de masa ósea se expresa en equivalentes de aluminio, que permite calcular el índice metacarpiano. La precisión de esta técnica es del 1-2%. Con otros métodos, como con el Osteoradiometer, el análisis de la BMD está centralizado en otro centro al que se envía por correo electrónico la imagen

tomada en vídeo-cámara. Analizan la DMO de las falanges medias de los dedos 2º, 3º y 4º con una radiografía simple de alta resolución, que tras ser digitalizada es enviada a un centro procesador a distancia. La medida que se obtiene por este método es la media de los tres huesos estudiados. La precisión del Osteoradiometer no es tan buena, aproximadamente 5-7%^{17,18}.

Entre los dextra-periféricos (p-DXA) destaca la absorciometría digital computarizada de doble energía de rayos X (CDA), diseñado para medir la masa ósea de la falange media del tercer dedo de la mano no dominante. Este densitómetro (Accudexa,) ha demostrado tener una alta precisión (1%)¹⁹ y buena correlación con las mediciones obtenidas con periféricos de radioabsorciometría de la mano y antebrazo ($r > 0,90$). La correlación con la densidad mineral ósea de cadera y columna lumbar es moderada (r entre 0,5 y 0,6)^{16,20}. Con este densitómetro, como ocurre con otros periféricos, se ha observado escasa concordancia con la T-score, por lo que diversos autores sugieren usar un corte diagnóstico de osteoporosis distinto del -2,5 de la definición de la OMS^{21,24}. Recientemente, en nuestro servicio hemos realizado un estudio (en prensa) de correlación entre la densidad mineral ósea de falange, utilizando el periférico accudexa, (CDA), y la obtenida en cadera y columna lumbar con el densitómetro Hologic, (DXA), y hemos hallado el mejor punto de corte del densitómetro digital para uso diagnóstico en -1 DS (Sensibilidad 70,4; Especificidad 73,2). Otros autores sugieren puntos de corte de -1,6¹⁶. Los densitómetros periféricos también pueden ser usados como herramienta de screening, para disminuir el número de densitómetros axiales a realizar. En nuestro estudio, usando como screening el intervalo T-score -0,5 a -1,9 DS, el densitómetro de falanga Accudexa, demostró un ahorro del 55% de las DXA de cadera y columna. Sólo habría que realizar una densitometría axial a los resultados incluidos en este intervalo.

El valor de densidad ósea de falanges o de metacarpianos tiene el inconveniente de dar una medición fundamentalmente cortical, mientras que la pérdida de hueso trabecular es más frecuente en todos los

tipos de osteoporosis. La medición en carpo y epífisis de radio contiene entre un 50 y un 75% de hueso trabecular.

El densitómetro de falange CDA ha demostrado ser predictivo de fractura vertebral²¹⁻²³ y de cadera^{24,25}. Varios estudios han probado el valor predictivo de fracturas vertebrales de la radioabsorciometría simple (RA), la radioabsorciometría doble (SXA) de radio o de talón y los ultrasonidos de talón^{15,26}.

Se puede resumir que los densitómetros periféricos son rápidos, seguros, fiables y baratos.

Ultrasonografía (BUA)

La densitometría por ultrasonidos, habitualmente realizada en el talón, la podríamos haber incluido entre los densitómetros periféricos; si le dedicamos un apartado distinto es porque tiene particularidades que lo diferencian y además la fuente no es radiológica.

La atenuación de ultrasonidos de banda ancha (*broadband ultrasonic attenuation*, BUA) a través del hueso se utiliza para determinar la densidad y estructura ósea. Algunos densitómetros por ultrasonidos, como el Sahara Bone Sonometer,, no sólo miden la atenuación ecográfica (BUA), sino la velocidad de sonido (VDS) y ofrece un índice, que es combinación de los dos anteriores (índice ecográfico cuantitativo, QUI). Este índice además de aportar datos cuantitativos, evalúa aspectos cualitativos como la elasticidad, la estructura y la geometría del hueso. Es el único densitómetro que analiza estos aspectos de microarquitectura, cada vez más relevantes como factor de riesgo de fractura.

Basado en los ultrasonidos se han desarrollado densitómetros que miden la densidad mineral ósea del calcáneo, y algunos de la rótula. Miden fundamentalmente hueso trabecular. Tienen la ventaja de no irradiar, ser una técnica rápida, lleva menos de un minuto por exploración, son de bajo coste, el equipo es de pequeño tamaño, y no requiere personal especializado. La precisión es del 0,4-4%^{27,28}. Ha demostrado tener el mismo valor predictivo de fracturas vertebrales que el DXA de columna y cadera (OR 2,2; 95% CI:1,7-2,9,

por cada disminución de una desviación estándar en columna y OR 1,7; IC 95% 1,3-2,1, por cada DE en cadera)²⁹⁻³². También con este densitómetro periférico se han recomendado valores distintos del T-score $\leq 2,5$ para diagnosticar osteoporosis. Un estudio reciente sugiere un corte de T-score $\leq 1,8$ como diagnóstico de osteoporosis³³ con BUA.

Tomografía cuantitativa computarizada (QTC)

Antes de que aparecieran los primeros densitómetros dxa (DXA) ya aparecieron algunos aparatos de escáner para medir la masa ósea y fueron llamados tomografía computarizada cuantitativa para diferenciarlos del resto de tomografía computerizada. Es la única técnica tridimensional, volumétrica, para medir densidad mineral ósea de que disponemos. Dado que es una medida volumétrica, los valores que proporciona son en g/cm³. Con esta técnica hay disponibles aparatos que miden la masa ósea de columna y cadera y otros en antebrazo, aunque podría hacerse en cualquier otra localización. Los QTC axiales miden la masa de cuatro cuerpos vertebrales, haciendo cortes sagitales cada 8-10 mm. El aparato mide la media de atenuación del hueso del cuerpo vertebral y lo compara con los valores estándar para cada localización. Los QTC son los únicos densitómetros capaces de diferenciar hueso cortical del trabecular. Se ha demostrado que la diferencia de la BMD con la edad y entre sujetos sanos y osteoporóticos es mayor medida con QTC que con DXA³⁴.

La QTC tiene tan buen valor predictivo de fractura vertebral como el DXA de columna³⁵. La precisión es del 1% en

columna y del 1,2-3,0% en cadera. Tiene la desventaja del alto coste y radiación.

ELECCIÓN DE LA TÉCNICA DENSITOMÉTRICA

¿Cuál es la mejor técnica densitométrica? ¿En qué hueso es preferible medir la masa ósea? Estas dos preguntas no son fáciles de contestar, para ello hay que tener en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada una de las técnicas disponibles (Tabla 2).

Algunas de las ventajas a considerar son de orden práctico, como el tamaño del densitómetro, la portabilidad, que representa un mayor acceso a la técnica, la rapidez de la exploración, el bajo coste económico, el no precisar de personal especializado para su manejo, etc. Otras consideraciones son de orden técnico: la mayor o menor irradiación, la fiabilidad y precisión, la capacidad productiva de fractura, la respuesta a si la medición de la BMD en un sitio puede predecir el riesgo de fractura en otra localización, la capacidad de medir hueso trabecular o cortical, etc.

Los densitómetros periféricos tienen más ventajas de orden práctico: el tamaño, menor coste económico, rapidez de la exploración, el no precisar de personal especializado ni de espacio adecuado con aislamiento radiológico. Además se ha demostrado que son fiables, precisos y tienen capacidad predictiva de fractura. Hay abundantes estudios que demuestran que la medición de la densidad ósea en falange, radio o calcáneo predicen bien el riesgo de fractura en cadera y columna. Tienen el inconveniente de la moderada correlación con la BMD de cadera y columna lumbar,

Tabla 2. Características de las distintas técnicas de medición de masa ósea.

	Radiación (mRem)	Precisión (%)	Tiempo de exploración (minutos)	Coste
SXA	10-20	1-2	15	+
DXA	1-5	0,5 - 2	3-7	++
QTC	60	2 - 5	10-15	+++
BUA	0	0,4 - 4	3-7	+
RX SIMPLE	700			+

SXA: Absorciometría radiológica simple; DXA: Absorciometría de doble energía de rayos X; QTC: Tomografía cuantitativa computarizada; BUA: ultrasonografía.

con lo que la concordancia diagnóstica T-score es baja. Ello obliga a usar distintos cortes de T-score como criterio diagnóstico de osteoporosis, en lugar del T-score $\leq 2,5$ establecido por la OMS. Con todo, al comparar los densitómetros periféricos con los axiales, utilizando como valores de referencia los hallados en cadera o columna, el principal problema son los falsos positivos y falsos negativos, con cualquiera de los cortes diagnósticos T-score del densitómetro periférico. Por ello, una de las posibles aplicaciones de los densitómetros periféricos es como herramienta de screening para disminuir el número de densitometrías axiales DEXA a realizar³⁶.

Hay que tener en cuenta que la correlación existente entre la BMD de cadera y columna³⁷ no es superior a la hallada entre cualquiera de estas localizaciones con la de densitómetros periféricos. Los pacientes diagnosticados de osteoporosis en cadera, según los criterios de la OMS tampoco coinciden con los diagnosticados de osteoporosis en columna lumbar, con el mismo densitómetro. Es conocido que entre mujeres de edad superior a 70 años, es más frecuente la osteoporosis en cadera, mientras que en edades cercanas a la menopausia es más frecuente la osteoporosis en columna.

La densitometría DEXA de cadera y columna lumbar tiene la ventaja de medir la masa ósea en las localizaciones que preferentemente se quiere prevenir fractura. La columna medida anteroposteriormente con el densitómetro DXA contiene aproximadamente un 66% de hueso trabecular y la cadera un 75% de hueso cortical. Por tanto, con esta técnica y midiendo ambas localizaciones se obtienen datos de ambos tipos de hueso. Son fiables, precisos; la radiación es baja y han demostrado su capacidad de predecir fracturas en las localizaciones estudiadas. Además, que duda cabe que, a falta de un patrón oro para diagnosticar osteoporosis, la medición en cadera y columna con densitómetros dxa se ha convertido en la determinación estándar con la que se compara cualquier otro densitómetro. Tienen el inconveniente del alto coste, de requerir espacio y personal técnico especializado.

La QTC es técnicamente superior; puede diferenciar entre hueso trabecular y cortical, y toma medidas tridimensionales por lo que sus valores son más reales del conjunto del hueso medido. Tienen el inconveniente del alto coste económico y la alta irradiación.

En cuanto a la pregunta de en qué localización es preferible hacer la medición de masa ósea, está claro que la determinación en los lugares en que preferentemente queremos evitar la fractura, cadera y columna, será más exacta. No obstante, como se ha mencionado, hay suficientes estudios que demuestran la capacidad de predecir fracturas en cadera y columna de los densitómetros periféricos³⁸.

INDICACIONES DE LA DENSITOMETRÍA

No existen criterios unánimes de indicación de la densitometría. No obstante, distintos organismos y sociedades científicas, como la *National Osteoporosis Foundation* (NOF), la Sociedad Española de Reumatología (SER) o el *Royal College of Physicians*, han elaborado sus recomendaciones³⁹⁻⁴². Todos ellos se basan en los factores de riesgo de osteoporosis⁴³⁻⁴⁵. En general hay acuerdo en que no está indicado el cribado a toda la población y que tampoco se debería hacer densitometría si ello no va a comportar una decisión terapéutica.

Los principales factores de riesgo de osteoporosis son la menopausia precoz, sobre todo si es quirúrgica, la inactividad física, el bajo peso corporal, el tabaquismo, el tratamiento prolongado con corticoides a dosis superiores a 7,5 mg/día de prednisona y diversas enfermedades crónicas (Tabla 3).

La NOF aconseja realizar densitometría a: mujeres de más de 65 años con un factor de riesgo de osteoporosis como mínimo, además de la menopausia, mujeres postmenopáusicas que presenten una fractura, mujeres postmenopáusicas en quienes se vaya a considerar terapia para osteoporosis y la determinación de la masa ósea facilite la decisión y mujeres a quienes se haya tratado con estrógenos sustitutivos por largo periodo de tiempo.

Tabla 3. Factores de riesgo de osteoporosis.

1. Hipogonadismo
 - Hipogonadismo primario
 - Menopausia yatrogénica (quirúrgica, hormonal, radioterapia, quimioterapia)
 - Periodo fértil corto (menopausia precoz, menarquia tardía)
2. Diversas patologías
 - Diabetes mellitus I o II
 - Artritis reumatoide
 - Anorexia nerviosa
 - Gastrectomía
 - Hiperparatiroidismo
 - Hipertiroidismo
 - Anemia perniciosa
 - Hepatopatías crónicas
 - Síndrome de malabsorción
3. Fármacos
 - Corticoides
 - Anticonvulsivantes
 - Heparina
 - Quimioterapia
4. Hábitos
 - Vida sedentaria
 - Bajo peso corporal
 - Baja ingesta de calcio
 - Baja exposición solar
 - Tabaquismo
 - Enolismo
5. Antecedente de fractura osteoporótica previa
6. Antecedente familiar de fractura osteoporótica

Para la NOF, los factores de riesgo con mayor valor predictivo de fractura son: el bajo peso corporal, el tabaquismo, el antecedente de fractura no traumática antes de los 50 años y la historia familiar de fractura osteoporótica.

La SER⁴¹ aconseja realizar densitometría ósea en mujeres con menopausia precoz, y en mujeres postmenopáusicas que además presenten otros factores de riesgo de osteoporosis o de fractura. Los factores de riesgo de osteoporosis son los ya mencionados (Tabla 3) y como factores de riesgo de fractura independientemente de la DMO incluye la discapacidad física o sensorial, la polimedicación, la fractura previa y el antecedente materno de fractura de cadera. La SER hace especial hincapié en realizar DMO sólo si de ello se va a derivar una actitud terapéutica, por lo que el paciente debería aceptar tal condición previo a la prueba.

El *Royal College of Physicians*⁴² elaboró unas indicaciones de la densitometría semejantes a las de la NOF y la SER, pero además incluye las indicaciones en los varones (Tabla 4).

En la práctica clínica habitual, la DMO se realiza a las mujeres post-menopáusicas con algún factor de riesgo de osteoporosis o que hayan sufrido una fractura no traumática o bien la radiología sea sugestiva de osteoporosis. También está indicada la DMO para el control de la eficacia del tratamiento antirreabsortivo óseo instaurado. Por otro lado, dado que la indicación de densitometría ósea se basa en la proba-

Tabla 4. Indicaciones de la densitometría del Royal College of Physicians, Reino Unido.

Mujeres con:

- Deficiencia estrogénica (menopausia o histerectomía en menores de 45 años, amenorrea secundaria prolongada, hipogonadismo primario).
- Factores de riesgo de osteoporosis en la menopausia.

Hombres y mujeres con:

- Posible osteoporosis secundaria.
- Fractura previa de bajo impacto.
- Pérdida de estatura, cifosis marcada.
- Evidencia radiológica de osteopenia.
- Empleo de corticoides (prednisona > 7,5 mg/día durante al menos tres meses).

bilidad de que el paciente tenga osteoporosis, lo cual no es una ciencia exacta, efectivamente se producen fracturas osteoporóticas en pacientes sin factores de riesgo y, al contrario, pacientes con factores de riesgo y osteoporosis demostrada pueden no presentar fracturas, no existe con los conocimientos actuales ningún argumento para denegar una densitometría si el paciente lo solicita por temor a padecer osteoporosis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Consensus development conference. Prophylaxis and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 1991; 90: 107-110.
2. CUMINGS SR, BLACK DM, NEVITT MC, BROWNER W, CAULEY J, ENSRUD K et al. Bone density at various sites for prediction of hip fractures. *Lancet* 1993; 341: 72-75.
3. MELTON LJ, ATKINSON EJ, O'FALLON WM, WAHNER HW, RIGGS BL. Long-term fracture prediction by bone mineral density assessed at different skeletal sites. *J Bone Miner Res* 1993; 1227-1233.
4. WASHNICH RD, ROSS PD, HEILBRUN LK, VOGEL JM. Prediction of postmenopausal fracture risk with use of bone mineral measurement. *Am J Obstet Gynecol* 1985; 153: 745-751.
5. HUI SL, SLEMENDA CW, JOHNSTON CC JR. Baseline measurement of bone mass predicts fracture in white women. *Ann Intern Med* 1989; 11: 355-361.
6. MARSHALL D, JOHNNELL O, WEDEL H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predicts occurrence of osteoporotic fractures. *Br Med J* 1996; 312: 1254-1259.
7. The WHO study group 1994. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. WHO Technical report Series 843. Geneva. Switzerland.
8. LEVIS S, ALTMAN R. Bone densitometry. Clinical considerations. *Arthritis Rheum* 1998; 41: 577-587.
9. JERGAS M, GENANT HK. Current methods and recent advances in the diagnosis of osteoporosis. *Arthritis Rheum* 1993; 36: 1649-1662.
10. UEBELHART D, DUBOUEF F, MENIEUR PJ, DELMAS PD. Lateral dual-photon absorciometry: a new technique to measure the bone mineral density at the lumbar spine. *J Bone Miner Res* 1990; 5: 523-531.
11. GUGLIELMI G, GRIMSTON SK, FISCHER KC, PACIFICI R. Osteoporosis: diagnosis with lateral and posteroanterior dual x-ray absorciometry compared with quantitative CT. *Radiology* 1994; 192: 845-850.
12. FINKELSTEIN JS, CLEARY RL, BUTLER JP, ANTONELLI R, MITLAK BH, DEVASKA DJ et al. A comparison of lateral versus anterior-posterior spine dual energy x-ray absorciometry for the diagnosis of osteopenia. *J Clin Endocrinol Metabol* 1994; 78: 724-730.
13. JOHNSTON CC, SLEMENDA CW, MELTON J. Clinical use of bone densitometry. *N Eng J Med* 1991; 324:1105-1109.
14. COSMAN F, HERRINGTON B, HIMMELSTEIN S, LINDSAY R. Radiographic absorciometry : a simple method for determination of bone mass. *Osteoporosis Int* 1991; 2: 34-38.
15. YAMADA M, ITO M, HAYASHI K, OHKI M, NAKAMURA T. Dual energy X-ray absorptiometry of the calcaneus: comparison with other techniques to assess bone density and value in predicting risk of spine fracture. *Am J Roentgenol* 1994; 163: 1435-1440.
16. FITER J, NOLLA JM, GOMEZ VAQUERO C, MARTINEZ AGUILA D, VALVERDE J, ROIG D. A comparative study of Computed Digital Densitometry and Conventional Dual-Energy X-ray absorciometry in postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 2001; 12: 565-569.
17. YATES AJ, ROSS PD, LYDICK E, EPSTEIN RS. Radiographic absorptiometry in the diagnosis of osteoporosis. *Am J Med* 1995; 98 (Suppl 2): 41-46.
18. ROSS PD. Radiographic absorciometry for measuring bone mass. *Osteoporosis Int* 1997; 7 (Suppl 3): 103-107.
19. BOUXSEIN ML, MICHAELI DA, PLASS DB, SCHICK DA, MELTON ME. Precision and accuracy of computed digital absorptiometry for assessment of bone density of the hand. *Osteoporosis Int* 1997; 7: 444-449.
20. MICHAELIS DA, MIRSHAHI A, SINGER J, RAPA FG, PLASS DB, BOUXSEIN ML. A new X-Ray based osteoporosis screening tool provides accurate and precise assessment of phalanx bone mineral content. *J Clin Densitometry* 1998; 2: 23-30.
21. WASNICK RD, DAVIS JW, KNOWLTON W. Association between phalangeal BMD and vertebral fractures among post-menopausal women. *J Bone Miner Res* 1999; 14 (Suppl 1): 200-201.
22. WASNICK RD. Perspective on fracture risk and phalangeal bone mineral density. *J Clin Densitometry* 1998; 1: 259-269.

23. OHTSKA M, MICHAELIS D, WASNICH RD. Relationship between phalangeal bone density and risk of vertebral fracture. *J Clin Densitometry* 2002; 5: 1-5.
24. BOUXSEIN ML, PALERMO L, YOUNG C, BLACK DM. Digital x-ray radiogrammetry predicts hip, wrist and vertebral fracture risk in elderly women: a prospective analysis from the study of osteoporotic fractures. *Osteoporosis Int* 2002; 13:358-365.
25. MUSSOLINO ME, LOOKER AC, MADAMS J, EDELSTEIN D, WALKER R, LYDICK E et al. Phalangeal bone density and hip fracture risk. *Arch Intern Med* 1997; 157:433-438.
26. MULDER J, MICHAELI D, FLASTER E, SIRIS E. Comparison of bone mineral density of the phalanges, lumbar spine, hip and forearm for assessment of osteoporosis in postmenopausal women. *J Clin Densitometry* 2000; 3:373-381.
27. SOSA M, SAAVEDRA P, MUÑOZ-TORRES M, ALEGRE J, GOMEZ D, GONZALEZ MACIAS J et al. Quantitative ultrasound calcaneous measurements: normative data and precision in the Spanish population. *Osteoporosis Int* 2002; 13: 487-492.
28. CUNNINGHAM JL, FORDHAM JN, HEWITT TA, SPEED CA. Ultrasound velocity and attenuation at different skeletal sites compared with bone mineral measured using dual energy x-ray absorciometry. *Br J Radiol* 1996; 69: 25-32.
29. MCKEVIE ML, FORDHAM J, CLIFFORD C, PALMER SB. In vitro comparison of quantitative computed tomography and broadband ultrasonic attenuation of trabecular bone. *Bone* 1989; 10: 101-104.
30. HEANEY JP, AVIOLI LV, CHESNUT CH, LAPPE J, RECKER RR, BRANDENBURGER GH. Ultrasound velocity through bone predicts incident vertebral deformity. *J Bone Miner Res* 1995; 10: 341-345.
31. BAUER DC, GLUER CC, GENANT HK, STONE K. Quantitative ultrasound and vertebral fracture in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 1995; 10: 353-358.
32. SCHOTT AM, WEILL-ENGERER S, HANS D, DUBOEU F, DELMAS PD, MEUNIER PJ. Ultrasound discriminates patients with hip fracture equally well as dual energy x-ray absorciometry and independently of bone mineral density. *J Bone Miner Res* 1995; 10: 243-249.
33. BLAKE DM, KNAPP K, FOGELMAN I. Should equivalent T-scores be based on absolute fracture risk?. *Osteoporosis Int* 2001; 12 (Suppl 2): 8-9.
34. PACIFICI R, RUPICH R, GRIFFIN M, CHINES A, SUSMAN N, AVIOLI LV. Dual energy radiography versus quantitative computer tomography for the diagnosis of osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metabol* 1990; 70: 705-710.
35. KELLY TL, SLOVIC DM, SCHOENFELD DA, NEER RM. Quantitative digital radiography versus dual absorciometry of the lumbar spine. *J Clin Endocrinol Metabol* 1988; 67: 839-844.
36. MILLER PD, BONNICK SL, JOHNSTON CC, KLEEREKOPER M, LINDSAY RL, SHERWOOD LM et al. The challenges of peripheral bone density testing. Which patients need additional central density skeletal measurements? *J Clin Densitometry* 1998; 1: 211-217.
37. O'GRADAIGH D, DEBIRAM I, LOVE S, RICHARDS HK, COMPSTON JE. A prospective study of discordance in diagnosis of osteoporosis using spine and proximal femur bone densitometry. *Osteoporosis Int* 2003; 14: 13-18.
38. MILLER PD, BONNICK S, JOHNSTON CC, KLEEREKOPER M, LINDSAY RL, SHERWOOD L et al. The challenges of peripheral bone density testing which patients need additional central density skeletal measurements. *J Clin Densitometry* 1998; 1: 211-217.
39. MILLER PD, BONNICK SL, ROSEN CJ, ATMAN RD, AVIOLI LV, DEQUEKER J et al. Clinical utility of bone mass measurements in adults : consensus of international panel. *Semin Arthritis Rheum* 1996; 25: 361-372.
40. National Osteoporosis Foundation: Physician's guide to prevention and treatment of osteoporosis. Washington DC, National Osteoporosis Foundation, 1998.
41. Documentos de la Sociedad Española de Reumatología sobre la osteoporosis post-menopáusica. Abril 2002. <http://www.ser.es>
42. Royal College of physicians issues new guidelines on prevention and treating osteoporosis. February 2000. <http://www.doh.gov.uk/pub/docs/doh/ostlam.pdf>
43. MEYER HE, TVERDAL A, FALCH JA. Risk factor for hip fractures in middle-aged Norwegian women and men. *Am J Epidemiol* 1993; 147: 1203-1211.
44. CUMMINGS S, NEVITT MC, BROWNER WS, STONE K, FOS KM, ENSRUD KE et al. Risk factors for hip fracture in white women. *N Eng J Med* 1995; 332: 767-773.
45. FAULKNER KG, CUMMINGS SR, BLACK D, PALERMO L, GLUER CC, GENANT HK. Simple measurement of femoral geometry predicts hip fracture: the study of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res* 1993; 8: 1211-1217.